

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

EP04/7073

REC'D	04 AUG 2004
WIPO	PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 103 31 714.7

Anmeldetag: 11. Juli 2003

Anmelder/Inhaber: Micronas GmbH,
79108 Freiburg/DE

Bezeichnung: Verfahren zur Strukturierung der Oberfläche
eines Substrats

IPC: B 81 C, G 01 N

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 27. Mai 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
 Der Präsident
 Im Auftrag

Wallner

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

A 9161
06/00
EDV-L

BEST AVAILABLE COPY



P 03 010 H

+497618817198

DR.-ING. A. HÜWER

S. 02/39

1

Verfahren zur Strukturierung der Oberfläche eines Substrats

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Strukturierung der Oberfläche eines Substrats, wobei das Substrat bereitgestellt und danach an einem Oberflächenbereich des Substrats die Struktur erzeugt wird.

Ein derartiges Verfahren zur Herstellung eines Biochips ist aus T. Vo-Dinh et al, DNA Biochip Using a Phototransistor Integrated Circuit, Analytical Chemistry, Band 71, Nr. 2, Seite 358 ff. (15. Januar 1999) bekannt. Dabei wird zunächst ein sogenanntes Microarray hergestellt, indem auf einer als Substrat dienenden Nitrozellulosemembran eine Struktur aufgebracht wird, die eine Matrix mit einer Vielzahl von Feldern aufweist, in denen unterschiedliche biologischen Rezeptoren angeordnet sind. Bei der Herstellung des Microarrays werden die Rezeptoren mittels einer mit einer Picopumpe verbundenen Kapillarnadel in flüssiger Form auf das Substrat aufgebracht. Die Kapillarnadel hat einen Kapillardurchmesser von etwa 100 μm , so dass die Strukturgröße der mit Hilfe der Kapillarnadel auf das Substrat aufgetragenen Felder etwa im 100 μm -Bereich liegt. Das Microarray dient zum qualitativen und/oder quantitativen Nachweis des Vorhandenseins von bestimmten Liganden in einer zu analysierenden Probe. Die Rezeptoren der einzelnen Bereiche unterscheiden sich jeweils in ihrer Spezifität gegenüber einem bestimmten, nachzuweisenden Liganden. Dadurch ist es möglich, die Probe mit Hilfe des Microarrays gleichzeitig auf das Vorhandensein mehrerer unterschiedlicher Liganden zu untersuchen. Zur Detektion eines in der Probe enthaltenen Liganden wird diese mit den auf dem Microarray immobilisierten Rezeptoren in Kontakt gebracht. Dabei bindet der Rezeptor, der für den nachzuweisenden Liganden spezifisch ist, an den Liganden. Der dadurch entstandene Rezeptor-Liganden-Komplex lässt sich mit Hilfe von Fluoreszenz nachweisen. Die einzelnen, die Rezeptoren enthaltenden Bereiche der Matrix werden dazu mit optischer Strahlung bestrahlt, welche die Rezeptor-Liganden-Komplexe zur Emission von Lumineszenzstrahlung anregt. Zur Detektion der Lumineszenzstrahlung wird das Microarray derart an der Oberfläche eines CCD-Sensor-Arrays positioniert, dass die einzelnen Felder des Microarrays jeweils eine Photozelle des CCD-Sensor-Arrays überdecken. Nachteilig ist dabei jedoch, dass die Felder der Matrix noch relativ große Abmessungen aufweisen, die - wie

eingangs bereits erwähnt - etwa im 100 μm -Bereich liegen. Die Strukturgrößen eines typischen CCD-Sensor-Arrays beträgt jedoch nur etwa 1 μm . Würde man also ein Microarray mit 1000 x 1000 Feldern auf einem CCD-Sensor-Array positionieren, würde allein für die Phototransistor-Array des CCD-Sensors bereits eine Chipfläche von 100 x 100 mm benötigt, was einen solchen Halbleiterchip sehr teuer und unrentabel machen würde.

Aus DE 199 59 346 A1 kennt man auch bereits ein Verfahren der eingangs genannten Art, bei dem die Oberfläche eines Substrats mit einer für eine aufzubringende Schicht undurchlässigen Maskierungsschicht versehen und die Substanz danach in von der Maskierungsschicht nicht bedeckte Substratbereiche eingebracht wird. Danach wird eine Wärmebehandlung durchgeführt, bei der die Substanz in einen von der Maskierungsschicht überdeckten Substratbereich diffundiert. Dabei stellt sich ausgehend vom Rand der Maskierungsschicht mit zunehmendem Abstand vom Rand nach Innen in dem von der Maskierungsschicht überdeckten Bereich ein Konzentrationsgefälle der Substanz ein. Nun wird die Maskierungsschicht entfernt, um den darunter befindlichen Substratbereich freizulegen. Dann wird eine in dem freigelegten Substratbereich befindliche oberflächennahe Schicht des Substrats mittels einer chemischen Umwandlungsreaktion in eine Beschichtung mit einem dem Konzentrationsgefälle in der Substanz entsprechenden Schichtdickenverlauf umgewandelt. Danach wird die Beschichtung solange mit einem Ätzmittel in Kontakt gebracht, bis in einem Teilbereich der Beschichtung, dessen Fläche kleiner ist als die von der ursprünglichen Maskierungsschicht überdeckte Substratfläche und in dem die Dicke der Beschichtung gegenüber den übrigen Bereichen der Beschichtung reduziert ist, das von dem Teilbereich überdeckte Substratgebiet freigelegt ist. Nachdem die Beschichtung auf diese Weise bereichsweise abgetragen wurde, wird in dem freigelegten Oberflächenbereich eine Metallschicht elektrisch abgeschieden, deren Abmessungen kleiner sind als die Abmessungen der ursprünglichen Maskierungsschicht. Das Verfahren hat sich in der Praxis insbesondere zur Herstellung kleiner metallischer Elektroden bewährt. Ein Nachteil des Verfahrens besteht jedoch noch darin, dass es vergleichsweise aufwändig ist und dass es auf bestimmte Substratwerkstoffe beschränkt ist.

Es besteht deshalb die Aufgabe, ein Verfahren der Eingangs genannten Art zu schaffen, das es auf einfache Weise ermöglicht, auf dem Substrat eine Struktur mit reduzierter Strukturgröße zu erzeugen.

- 5 Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, dass der Werkstoff des Substrats durch Aufbringen einer Zugspannung derart elastisch gedehnt wird, dass sich der zu strukturierende Oberflächenbereich vergrößert, dass danach der Oberflächenbereich mit einer Struktur versehen wird, die gegenüber der herzustellenden Struktur vergrößert ist, und dass dann die Dehnung durch Reduzieren oder Entfernen der Zugspannung
10 zumindest teilweise rückgängig gemacht wird, derart, dass sich die Größe der Struktur auf die Größe der herzustellenden Struktur reduziert.

- In vorteilhafter Weise wird also nach dem Erzeugen der Struktur die Größe der Struktur reduziert, indem die Zugspannung reduziert oder entfernt wird, so dass sich
15 das Substrat zusammenzieht. Dabei verkleinern sich die Abmessungen der auf dem Substrat befindlichen Struktur. Auf diese Weise lässt sich die Struktur in einer Größe herstellen, die kleiner ist als die kleinste Strukturgröße, die mit dem für das Erzeugen der Struktur verwendeten Strukturierungsverfahren unmittelbar herstellbar ist. Das Verfahren ermöglicht es, die Größen von Strukturen, die mit unterschiedli-
20 chen, von der Größe nicht zueinander passenden Technologien hergestellt sind, aneinander anzupassen, so dass die mit diesen Technologien hergestellten Strukturen miteinander kombiniert werden können. Die aufgrund der Zugspannung in dem Substrat auftretende Dehnung, also die durch die Zugspannung bewirkte Längenänderung des Substrats dividiert durch die Abmessung des ungedehnten
25 Substrats, kann mindestens 10%, ggf. mindestens 50%, eventuell mindestens 100%, insbesondere mindestens 200% und bevorzugt mindestens 1000% betragen.

- Die vorstehend genannte Aufgabe kann auch dadurch gelöst werden, dass der Oberflächenbereich mit einer Struktur versehen wird, die gegenüber der herzustel-
30 lenden Struktur vergrößert ist, dass danach der Werkstoff des Substrats durch Aufbringen einer Druckspannung derart elastisch gestaucht wird, dass sich die Größe der Struktur auf die Größe der herzustellenden Struktur reduziert. Dabei wird die Druckspannung vorzugsweise dauerhaft aufrechterhalten. Auch auf diese Weise lässt sich die Struktur in einer Größe herstellen, die kleiner ist als die kleinste

Strukturgröße, die mit dem für das Erzeugen der Struktur verwendeten Strukturierungsverfahren unmittelbar herstellbar ist.

Vorteilhaft ist, wenn das Substrat als Platte oder Folie ausgebildet ist und wenn der
5 Werkstoff des Substrats durch zentrische Streckung in der Erstreckungsebene des Substrats radial zu einem vorzugsweise etwa mittig zu dem Substrat angeordneten Zentrum gedehnt und/oder gestaucht wird. Durch diese Maßnahme ist es möglich, die Abmessungen der Struktur in ihrer Erstreckungsebene in quer zueinander verlaufenden Richtungen zu reduzieren, um diese beispielsweise maßstabsgerecht
10 zweidimensional zu verkleinern. Bei der Erzeugung der Struktur ist zu beachten, dass es sich bei der zentrischen Streckung um eine Abbildung handelt, bei der sich die Fläche nichtlinear zu der Dehnung verändert. Auch kann es zu einer ungleichmäßigen Dehnung des Substrats kommen, wenn die Zug- und/oder Druckspannung ungleichmäßig oder unsymmetrisch in das Substrat eingebracht wird. Die gegen-
15 über der herzustellenden Struktur vergrößerte Struktur muss dann entsprechend verzerrt auf dem Substrat erzeugt werden, um diese Ungleichmäßigkeiten zu kompensieren.

Bei einer anderen Ausführungsform des Verfahrens wird der Werkstoff des Substrats
20 durch eindimensionale Streckung in der Erstreckungsebene des Substrats gedehnt und/oder gestaucht. Das Substrat wird also in einer Richtung gegen die Rückstellkraft seines Werkstoffs lang gezogen bzw. zusammengedrückt. Bei diesem Verfahren ist bei einem homogenen Substrat mit über seine Erstreckungsebene konstanter Dicke die Veränderung des Flächenmaßstabs über die Fläche des Substrats
25 konstant.

Bei einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung wird zum Strukturieren des Substrats auf den Oberflächenbereich eine Beschichtung aufgebracht, vorzugsweise derart, dass die Beschichtung eine Vielzahl von matrixförmig nebeneinander
30 angeordneten, unterschiedlichen Beschichtungsbereichen aufweist. Eine derartige Beschichtung kann durch Bedrucken des Substrats einfach und kostengünstig auf dem Substrat erzeugt werden.

Besonders vorteilhaft ist, wenn zum Beschichten des Substrats mindestens eine
35 Lösung auf das Substrat aufgebracht wird, die wenigstens einen in einem Lö-

sungsmittel gelösten Feststoff enthält, und wenn das Lösungsmittel danach von der Oberfläche des Substrats entfernt wird, derart, dass der Feststoff zurückbleibt. Das Entfernen des Lösungsmittels erfolgt vorzugsweise nach dem Reduzieren oder Entfernen der Zugspannung bzw. nach dem Aufbringen der Druckspannung. 5 Dadurch wird vermieden, dass bei dem Schrumpfungsprozess mechanische Spannungen in die Struktur und/oder über die Struktur in das Substrat eingebracht werden. Die Lösung kann durch Besprühen, beispielsweise mit Hilfe eines Strahldruckers, oder durch Bedrucken im Hochdruck, Tiefdruck und/oder Tampondruck auf das Substrat aufgebracht werden. Der Feststoff kann eine wasserlösliche organische und/oder anorganische chemische Substanz sein oder eine solche enthalten, wie sie beispielsweise in der kombinatorischen Chemie verwendet wird. 10

Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird zum Erzeugen der Struktur mindestens ein Biomolekül auf das Substrat aufgebracht, das vorzugsweise an diesem anbindet. Das Biomolekül kann Nukleinsäuren oder Derivate davon 15 (DNA, RNA, PNA, LNA, Oligonukleotide, Plasmide, Chromosomen), Peptide, Proteine (Enzym, Protein, Oligopeptide, zelluläre Rezeptorproteine und deren Komplexe, Peptidhormone, Antikörper und deren Fragmente), Kohlenhydrate und deren Derivate, insbesondere glykosylierte Proteine und Glycoside, Fette, Fettsäuren und/oder Lipide umfassen. Als Lösungsmittel ist vorzugsweise Wasser vorgesehen. 20 Das Verfahren ermöglicht es, derartige Biomoleküle ohne die Verwendung chemischer Substanzen auf der Oberfläche des Substrats zu immobilisieren. Das Biomolekül kann kovalent oder nicht kovalent immobilisiert werden. Da sich das Substrat nach dem Reduzieren oder Entfernen der Zugspannung zusammenzieht und/oder beim Komprimieren verkleinert, reduziert sich die Fläche, auf der die Biomoleküle immobilisiert sind. Da die Menge der Biomoleküle konstant bleibt, nimmt dabei die Intensität bzw. Konzentration (Anzahl der Teilchen pro Fläche) der Biomoleküle zu. 25

Vorteilhaft ist, wenn das Substrat aus einem optisch transparenten Werkstoff besteht. Das Verfahren kann dann besonders gut zum Herstellen einer Struktur für einen optischen Sensor verwendet werden. 30

Bei einer zweckmäßigen Ausführungsform des Verfahrens enthält das Substrat mindestens ein Elastomer, insbesondere Polypyrrol, Polyacetylen und/oder Poly- 35

methyilsiloxane (PDMS). Derartige Substrate sind aus Eung Ju Oh et al, Electrochemical synthesis and characterization of stretchable polypyrrole films, Molecular Crystals and Liquid Crystals, Band 371, Seite 243 ff. (2001), Akiy, Y., Current progress in synthesis of polyacetylene films, Synthetic Metals, Band 84, Nr. 1-3, Seite 307 ff. (1. Jan. 1997) und Armani, Deniz et al, Re-configurable Fluid Circuits by PDMS Elastomer Micromachining, 12th International Conference on MEMS, MEMS 99, Orlando (1998), Seite 222-227 bekannt und ermöglichen eine hohe elastische Dehnung bzw. Schrumpfung oder Stauchung.

10 Besonders vorteilhaft ist, wenn das Substrat nach dem Reduzieren oder Entfernen der Zugspannung und/oder nach dem Aufbringen der Druckspannung auf eine vorzugsweise in einen Halbleiterchip integrierte Detektionsvorrichtung aufgebracht wird, vorzugsweise derart, dass die Beschichtungsbereiche jeweils wenigstens einen Sensor der Detektionsvorrichtung abdecken. Mit diesem Verfahren lassen sich
15 Insbesondere Blochips, die eine Vielzahl von matrixförmig angeordneten Feldern aufweisen, in denen von Biomolekülen überdeckte Sensoren angeordnet sind, kostengünstig herstellen. Insbesondere kann aufgrund der durch den Schrumpfungsprozess reduzierten Abmessung(en) der auf dem Substrat erzeugten Struktur(en) teure Chipfläche eingespart werden. Mit dem Verfahren kann der Abstand
20 zwischen den Beschichtungsbereichen oder den Biomolekülen um mindestens 10%, ggf. um mindestens ein Drittel, eventuell um mindestens die Hälfte, insbesondere um mindestens zwei Drittel und vorzugsweise um mindestens 90% reduziert werden.

25 Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird die Struktur mit Hilfe wenigstens eines Photolithographieschritts auf dem Substrat erzeugt. Dabei können mit dem Verfahren Strukturen erzeugt werden, die kleiner sind, als dies die Wellenlänge des verwendeten Lichts eigentlich erlauben würde. Wenn beispielsweise die kleinste bei direkter Anwendung der Lithographie noch herstellbare Strukturgröße
30 100 nm beträgt und sich die Abmessungen des Substrats und der darauf erzeugten Struktur nach dem Reduzieren oder Entfernen der Zugspannung und/oder dem Aufbringen der Druckspannung auf ein Zehntel reduziert, weist die Struktur eine Größe von nur noch etwa 10 nm auf. Derart kleine Strukturen waren bisher mit Lithographieverfahren nicht herstellbar. Die Strukturen können eine optische,
35 elektrische und/oder biochemische Funktion aufweisen.

Vorteilhaft ist, wenn die Struktur durch Aufbringen einer elektrisch leitfähigen, vorzugsweise metallischen Schicht auf dem Substrat erzeugt wird. Das Verfahren kann dann zum Herstellen von Elektroden, Leiterbahnen und dergleichen verwendet werden. Dabel ist es sogar möglich, dass die elektrisch leitfähige Schicht nach dem Entfernen oder Reduzieren der Zugspannung Falten wirft oder sich bereichsweise krümmt.

Bei einer vorteilhaften Ausführungsform des Verfahrens wird die Struktur derart erzeugt, dass sie mindestens eine vorzugsweise nuten- oder grabenförmige Vertiefung aufweist und wenigstens eine Seitenwand der Vertiefung einen Überstand hat, der mit seiner am weitesten vorstehenden Stelle einer gegenüberliegenden Seitenwand der Vertiefung zugewandt ist, dass die Dehnung und/oder Stauchung des Substrats in Richtung einer von dem Überstand zu der gegenüberliegenden Seitenwand verlaufenden Linie orientiert ist oder eine in diese Richtung orientierte Komponente aufweist, und dass der Abstand zwischen dem Überstand und der gegenüberliegenden Seitenwand vorzugsweise derart auf die Zugspannung und/oder Druckspannung und den Elastizitätsmodul des Substrat-Werkstoffs abgestimmt ist, dass nach dem Reduzieren oder Entfernen der Zugspannung und/oder nach dem Aufbringen der Druckspannung der Überstand die gegenüberliegende Seitenwand berührt. Dadurch ist es insbesondere möglich, auf einfache Weise Kavernen, Kammern oder Fluidikkanäle herzustellen. Gegebenenfalls ist es sogar möglich, vor dem Reduzieren des Abstands zwischen dem Überstand und der gegenüberliegenden Seitenwand mindestens ein Teilchen, wie z.B. ein Biomolekül, in die Vertiefung einzubringen und danach den Abstand zwischen dem Überstand und der gegenüberliegenden Seitenwand zumindest soweit zu reduzieren, dass das Teilchen in der Vertiefung gefangen oder eingesperrt ist. Das Verfahren kann auch dazu genutzt werden, ein in der Vertiefung angeordnetes Biomolekül gegen außerhalb der Vertiefung befindliche Teile abzuschirmen und somit eine Kontaminierung des Biomoleküls mit den Teilchen zu vermeiden. Derartige Anwendungen sind vor allem in der DNA- oder Proteinanalytik von Bedeutung.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens enthält das Substrat einen Keramikwerkstoff, vorzugsweise tetragonales Zirkonloxid, Magnesiumaluminat-

umoxld-Spinel, und/oder Alpha-Aluminiumoxld. Ein derartiger keramischer Werkstoff ist in B.-N. Kim et al., A high-strain-rate superelastic ceramic, Nature, Band 413, Seite 288 (20.09.2001) beschrieben. Mit dem Verfahren lassen sich also auch Keramiksubstrate strukturieren, weshalb das Verfahren auch in der Mikrosystemtechnik zur Anwendung kommen kann.

Nachfolgend ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:



- 10 Fig. 1 eine Aufsicht auf ein durch eine Kunststoffolie gebildetes Substrat,
-  Fig. 2 eine Aufsicht auf das Substrat nach dem dieses durch zentrische Streckung elastisch gedehnt wurde,
- 15 Fig. 3 das in Fig. 2 gezeigte Substrat, nachdem an dessen Oberfläche eine Struktur erzeugt wurde,
- Fig. 4 eine Aufsicht auf das die Struktur aufweisende Substrat, nachdem das Substrat entgegen der Dehnung auf seine in Fig. 1 gezeigten ursprünglichen Abmessungen verkleinert wurde,
- 20 Fig. 5 eine Aufsicht auf einen Halbleiterchip, in den ein Array mit Photozellen integriert ist,
-  25 Fig. 6 den in Fig. 5 gezeigten Halbleiterchip nach dem Beschichten mit dem in Fig. 4 gezeigten, die Struktur aufweisenden Substrat,
- Fig. 7 einen Querschnitt durch einen Halbleiterchip, auf den das die Struktur aufweisende Substrat aufgelegt ist,
- 30 Fig. 8 einen Querschnitt durch ein Substrat, das durch Aufbringen einer Zugspannung gedehnt wurde,
- Fig. 9 einen Querschnitt durch das in Fig. 8 gezeigte Substrat nach dem Erzeugen einer dreidimensionalen Struktur, und
- 35

Fig. 10 das in Fig. 9 gezeigte Substrat nach dem Entfernen der Zugspannung.

Bei einem Verfahren zur Strukturierung einer Oberfläche wird ein etwa kreisscheibenförmiges Substrat 1 bereitgestellt, das als eine dünne Elastomerfolie ausgebildet ist, die sich in einer Ebene erstreckt, die der Zeichenebene in Fig. 1 entspricht.

10 In einem zweiten Verfahrensschritt wird das Substrat in seiner Erstreckungsebene durch zentrische Streckung elastisch gedehnt, wobei das Zentrum der Streckung etwa im Mittelpunkt der Kreisscheibe angeordnet ist. Das Substrat 1 wird dazu zunächst an mehreren, vorzugsweise gleichmäßig über den Umfang verteilten Befestigungsstellen seines Außenrands eingespannt, um danach die Befestigungsstellen etwa radial vom Mittelpunkt der Kreisscheibe weg nach außen zu verschieben. Dabei wird in dem Substrat 1 eine Zugspannung erzeugt, welche die Elastomerfolie elastisch verformt. Durch einen Vergleich von Fig. 1 und 2 ist erkennbar, dass der Durchmesser des Substrats 1 nach der Dehnung etwa dem Vierfachen und die Grundfläche des Substrats etwa der sechzehnfachen Grundfläche des unverformten Substrats entspricht.

20 In einem dritten Verfahrensschritt wird an der Oberfläche des Substrats 1 eine Struktur erzeugt. Mit Hilfe eines Strahldruckers werden dazu in einer Vielzahl von matrixförmig angeordneten, durch Zwischenräume voneinander beabstandeten Feldern 2 unterschiedliche Lösungen auf das Substrat 1 aufgebracht. Die einzelnen Lösungen enthalten jeweils ein Lösungsmittel und mindestens ein darin gelöstes DNA-Molekül. Letzteres bindet an der Oberfläche des Substrats an und bildet einen Beschichtungsberelch.

25 In einem vierten Verfahrensschritt wird die Zugspannung entfernt, wodurch sich das Substrat 1 mit der darauf befindlichen Struktur aufgrund der Rückstellkraft des elastischen Substratwerkstoffs entgegen der Dehnung etwa auf seine ursprüngliche Größe zusammenzieht. Die Befestigungsstellen, an denen das Substrat eingespannt ist, werden dazu radial auf den Mittelpunkt der Kreisscheibe zu in ihre ursprüngliche Lage zurückbewegt. Durch einen Vergleich von Fig. 3 und 4 ist erkennbar, dass sich durch diese Schrumpfung die Abmessung A, welche die Felder 2 der Struktur ursprünglich aufwiesen, auf das Maß A' reduziert, das etwa ein Viertel der Abmes-

sung A entspricht. Nun wird das in den Lösungen enthaltene Lösungsmittel von der Oberfläche des Substrats entfernt, so dass nur noch die Beschichtungsbereiche auf dem Substrat 1 verbleiben.


5 In einem fünften, in Fig. 5 gezeigten Verfahrensschritt wird ein in der Zeichnung nur schematisch dargestellter Halbleiterchip 3 bereitgestellt, in den eine Vielzahl von optischen Sensoren 4 integriert sind. Wie in Fig. 7 erkennbar ist, sind diese in einem oberflächennahen Bereich des Halbleiterchips 3 angeordnet.

10 In einem sechsten Verfahrensschritt wird die der Struktur abgewandte Rückseite des Substrats 1 derart auf der Oberfläche des Halbleiterchips 3 positioniert, dass die einzelnen Beschichtungsbereiche jeweils mindestens einen optischen Sensor 4 überdecken (Fig. 6 und 7). Der so erhaltene Biosensor kann dann gegebenenfalls außerhalb der die Beschichtungsbereiche aufweisenden Struktur mit einem
15 Kunststoffgehäuse umspritzt werden.

Bei dem in Fig. 8 bis 10 gezeigten Ausführungsbeispiel wird zunächst ein plattenförmiges Substrat 1 aus transparentem Polymethylsiloxane (PDMS) bereitgestellt, das in der Erstreckungsebene der Substratplatte durch Erzeugen einer Zugspannung in
20 dem Werkstoff des Substrats 1 in Richtung des Doppelpfeils Pf eindimensional gedehnt wird (Fig. 8). Danach werden in die Oberfläche des Substrats 1 nutenförmige Vertiefungen 5 eingebracht (Fig. 9), die sich quer zu der Richtung Pf der Zugspannung erstrecken. Dies kann beispielsweise in der Weise geschehen, dass auf die Oberfläche des Substrats 1 eine gegen ein Ätzmittel beständige Maske
25 aufgebracht wird, die an den Stellen, an denen die Vertiefungen 5 erzeugt werden sollen, Unterbrechungen aufweist. Danach wird das auf diese Weise maskierte Substrat 1 mit Ätzmittel in Berührung gebracht, um im Bereich der Unterbrechungen Werkstoff von dem Substrat 1 abzutragen. Selbstverständlich können die Vertiefungen aber auch mit anderen bekannten Techniken in dem Substrat 1 erzeugt
30 werden, beispielsweise mit Hilfe der LIGA-Technik, mittels eines Formwerkzeugs und/oder durch spanende Bearbeitung.

In Fig. 9 ist erkennbar, dass die Vertiefungen 5 derart in das Substrat 1 eingebracht werden, dass die in Erstreckungsrichtung der Vertiefung 5 verlaufenden Seitenwän-
35 de der Vertiefungen 5 Überstände 6 bilden, die in Richtung auf die gegenüberlie-

gende Seitenwand bzw. den gegenüberliegenden Überstand 6 vorstehen. Bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 9 weisen die Vertiefungen 5 jeweils einen etwa schwalbenschwanzförmigen Querschnitt auf. Es sind aber auch andere Querschnittsformen denkbar. Deutlich ist erkennbar, dass die lichte Weite W der Vertiefungen 5 jeweils an der Oberfläche des Substrats 1 kleiner ist als die lichte Weite W' am Grund der Vertiefung 5.

10
 Nachdem die Struktur durch Einbringen der Vertiefungen 5 in dem Substrat 1 erzeugt wurde, wird die Zugspannung entfernt oder zumindest reduziert. Dadurch zieht sich der Werkstoff des Substrats 1, in den Bereichen, die der Zugspannung ausgesetzt waren, zusammen. Da die Überstände 6 praktisch zugspannungsfrei waren, behalten im Wesentlichen ihre Form bei. Die lichte Weite W zwischen den einander gegenüberliegenden Überständen 6 ist derart auf die Zugspannung und den Elastizitätsmodul des Substrat-Werkstoffs abgestimmt, dass sich nach dem Reduzieren oder Entfernen der Zugspannung die am weitesten vorstehenden Stellen der beidseits der Vertiefung 5 befindlichen Überstände 6 berühren, so dass die Vertiefungen Kanäle bilden, die am Umfang geschlossen sind (Fig. 10). Die Kanäle können für mikrofluidische Anwendungen oder Drucksensoren verwendet werden.

20
Bei dem Verfahren zur Strukturierung der Oberfläche eines Substrats 1 wird also ein bereitgestelltes Substrat 1 durch Aufbringen einer Zugspannung derart elastisch gedehnt, dass sich ein Oberflächenbereich des Substrats 1, in dem eine Struktur erzeugt werden soll, vergrößert. Danach wird in dem Oberflächenbereich eine Struktur erzeugt, die gegenüber einer herzustellenden Struktur vergrößert ist. Dann wird die Dehnung des Substrats 1 durch Reduzieren oder Entfernen der Zugspannung zumindest teilweise rückgängig gemacht, derart, dass sich die Größe der Struktur 1 auf die Größe der herzustellenden Struktur 1 reduziert. In dem Werkstoff des Substrats 1 kann auch eine Druckspannung erzeugt werden, um die Größe der Struktur auf die Größe der herzustellenden Struktur zu reduzieren.

25
30

Patentansprüche

1. Verfahren zur Strukturierung der Oberfläche eines Substrats (1), wobei das Substrat (1) bereitgestellt und danach an einem Oberflächenbereich des Substrats (1) die Struktur erzeugt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Werkstoff des Substrats (1) durch Aufbringen einer Zugspannung derart elastisch gedehnt wird, dass sich der zu strukturierende Oberflächenbereich vergrößert, dass danach der Oberflächenbereich mit einer Struktur versehen wird, die gegenüber der herzustellenden Struktur vergrößert ist, und dass dann die Dehnung durch Reduzieren oder Entfernen der Zugspannung zumindest teilweise rückgängig gemacht wird, derart, dass sich die Größe der Struktur auf die Größe der herzustellenden Struktur reduziert.
2. Verfahren nach dem Oberbegriff von Anspruch 1, insbesondere nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Oberflächenbereich mit einer Struktur versehen wird, die gegenüber der herzustellenden Struktur vergrößert ist, dass danach der Werkstoff des Substrats (1) durch Aufbringen einer Druckspannung derart elastisch gestaucht wird, dass sich die Größe der Struktur auf die Größe der herzustellenden Struktur reduziert.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Substrat (1) als Platte oder Folie ausgebildet ist und dass der Werkstoff des Substrats (1) durch zentrische Streckung in der Erstreckungsebene des Substrats (1) radial zu einem vorzugsweise etwa mittig zu dem Substrat (1) angeordneten Zentrum gedehnt und/oder gestaucht wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Werkstoff des Substrats (1) durch eindimensionale Streckung in der Erstreckungsebene des Substrats (1) gedehnt und/oder gestaucht wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass zum Strukturieren des Substrats (1) auf den Oberflächenbereich eine Beschichtung aufgebracht wird, vorzugsweise derart, dass die Beschichtung eine Vielzahl von matrixförmig nebeneinander angeordneten, unterschiedlichen Beschichtungsbereichen aufweist.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass zum Beschichten des Substrats (1) mindestens eine Lösung auf das Substrat (1) aufgebracht wird, die wenigstens einen in einem Lösungsmittel gelösten Feststoff enthält, und dass das Lösungsmittel danach von der Oberfläche des Substrats (1) entfernt wird, derart, dass der Feststoff zurückbleibt.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass zum Erzeugen der Struktur mindestens ein Biomolekül auf das Substrat (1) aufgebracht wird, das vorzugsweise an diesem anbindet.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Substrat (1) aus einem optisch transparenten Werkstoff besteht.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Substrat (1) mindestens ein Elastomer enthält, insbesondere Polypyrrol, Polyacetylen und/oder Polymethylsiloxane (PDMS).
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Substrat (1) nach dem Reduzieren oder Entfernen der Zugspannung und/oder nach dem Aufbringen der Druckspannung auf eine vorzugsweise in einen Halbleiterchip (3) integrierte Detektionsvorrichtung aufgebracht wird, vorzugsweise derart, dass die Beschichtungsbereiche jeweils wenigstens einen Sensor (4) der Detektionsvorrichtung abdecken.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Struktur mit Hilfe wenigstens eines Photolithographieschritts auf dem Substrat (1) erzeugt wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Struktur durch Aufbringen einer elektrisch leitfähigen, vorzugsweise metallischen Schicht auf dem Substrat (1) erzeugt wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Struktur derart erzeugt wird, dass sie mindestens eine vorzugsweise

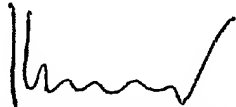
5 nuten- oder grabenförmige Vertiefung aufweist und wenigstens eine Seitenwand der Vertiefung einen Überstand hat, der mit seiner am weitesten vorstehenden Stelle einer gegenüberliegenden Seitenwand der Vertiefung zugewandt ist, dass die Dehnung und/oder Stauchung des Substrats in Richtung einer von dem Überstand zu der gegenüberliegenden Seitenwand verlaufenden Linie orientiert ist oder eine in diese Richtung orientierte Komponente aufweist, und dass der Abstand zwischen dem Überstand und der gegenüberliegenden Seitenwand vorzugsweise derart auf die Zugspannung und/oder Druckspannung und den Elastizitätsmodul des Substratwerkstoffs abgestimmt ist, dass nach dem Reduzieren oder Entfernen der Zugspannung und/oder nach dem Aufbringen der Druckspannung der Überstand die gegenüberliegende Seitenwand berührt.

- 10
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass als Substrat (1) einen Keramikwerkstoff enthält, vorzugsweise tetragonales Zirkoniumoxid, Magnesiumaluminiumoxid-Spinel und/oder Alpha-Aluminiumoxid.
- 15

Zusammenfassung

5 Bei einem Verfahren zur Strukturierung der Oberfläche eines Substrats (1) wird ein bereitgestelltes Substrat (1) durch Aufbringen einer Zugspannung derart elastisch gedehnt, dass sich ein Oberflächenbereich des Substrats (1), in dem eine Struktur erzeugt werden soll, vergrößert. Danach wird in dem Oberflächenbereich eine Struktur erzeugt, die gegenüber einer herzustellenden Struktur vergrößert ist. Dann wird die Dehnung des Substrats (1) durch Reduzieren oder Entfernen der Zugspannung zumindest teilweise rückgängig gemacht, derart, dass sich die Größe der Struktur (1) auf die Größe der herzustellenden Struktur (1) reduziert. In dem Werkstoff des Substrats (1) kann auch eine Druckspannung erzeugt werden, um die Größe der Struktur auf die Größe der herzustellenden Struktur zu reduzieren.

15



Dr.-Ing. Andreas Huwer
Vertreter-Nr. 311 073

+497618817198
1/4

DR. ING. H. TOWER

S. 17/39

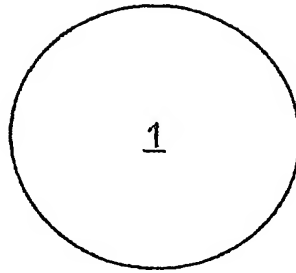


Fig. 1

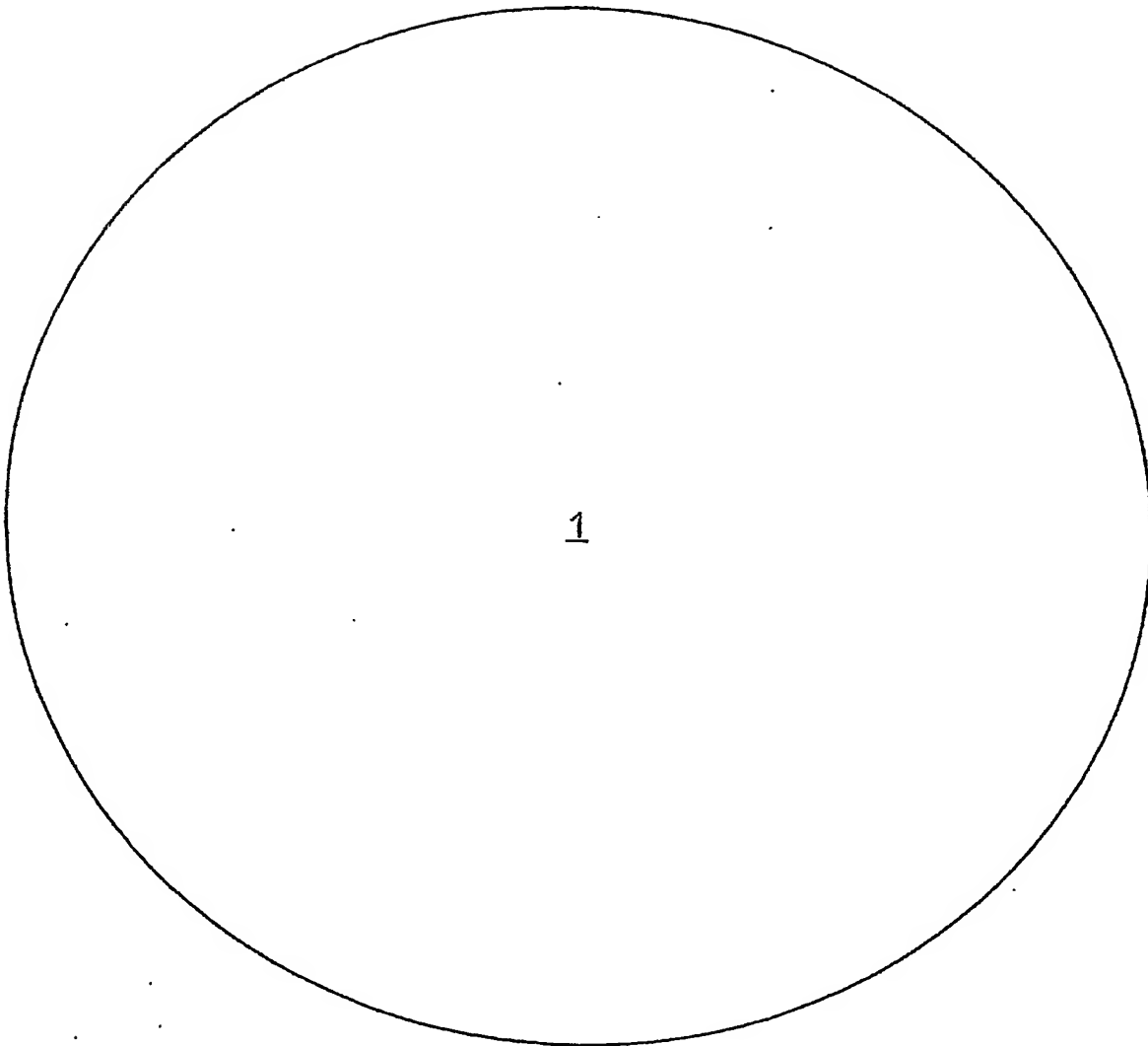


Fig. 2

Empfangszeit 24. Mai. 14:58

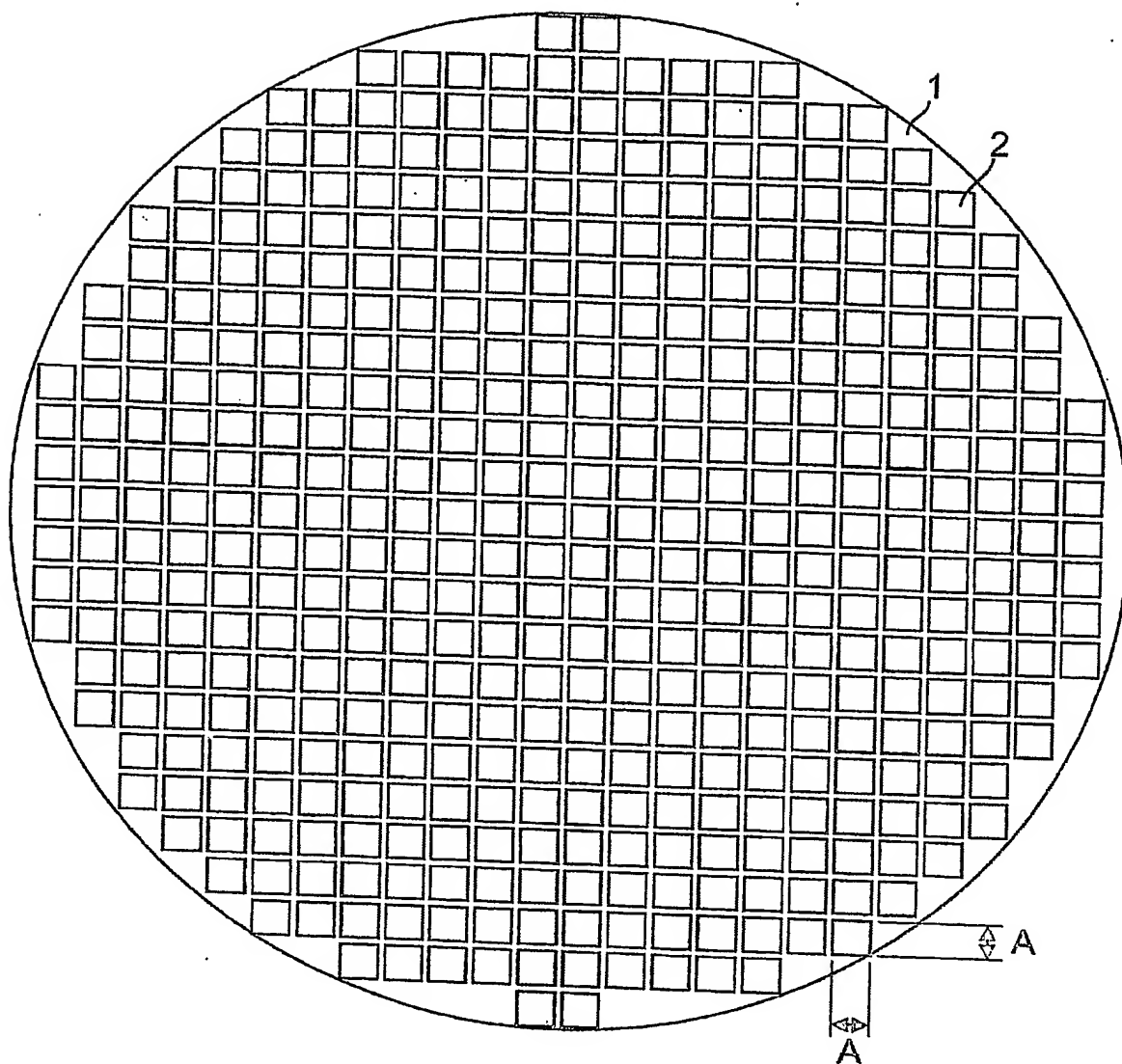


Fig. 3

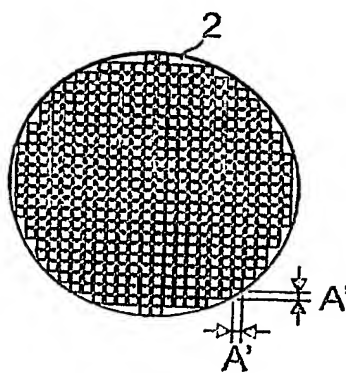


Fig. 4

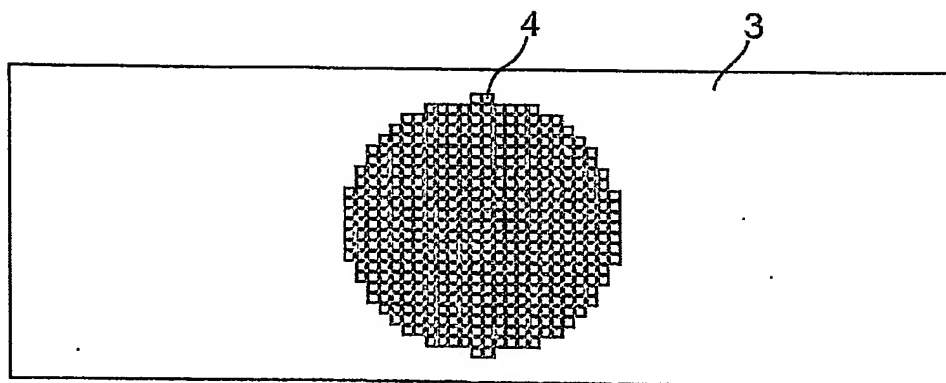


Fig. 5

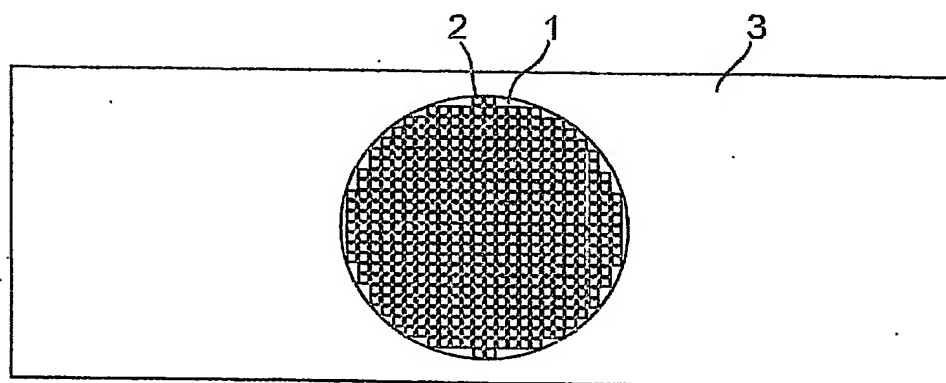


Fig. 6

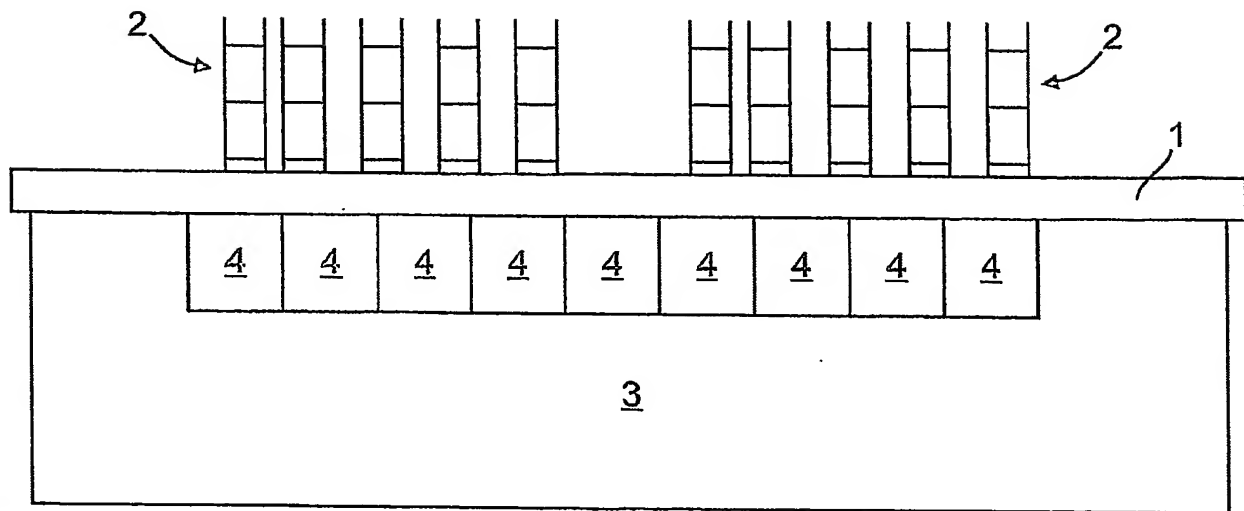


Fig. 7

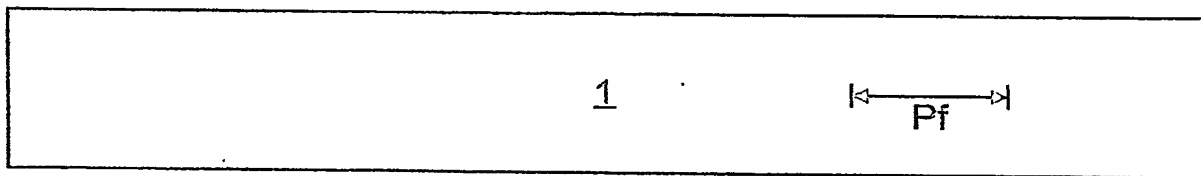


Fig. 8

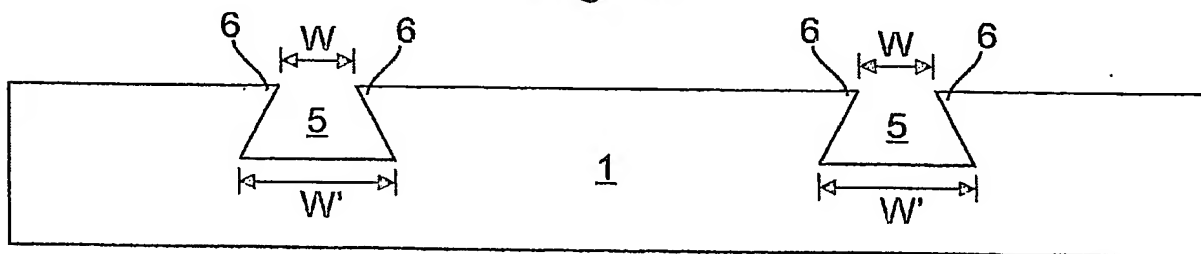


Fig. 9

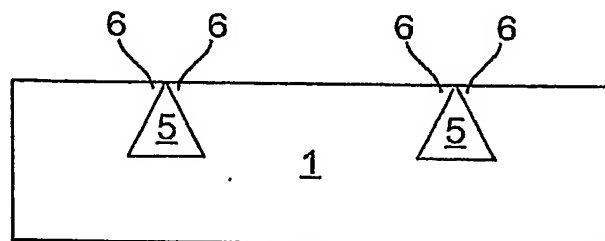


Fig. 10

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.